

Evaluasi Praktek Budidaya Sistem Keramba Jaring Apung Bertingkat Berdasarkan Taksa Dominan dan Oportunistik Makrobenthos

Sapto P. Putro^{1,*}, Riche Hariyati¹, Suhartana² dan Agung Sudaryono³

¹ Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

² Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

³ Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang

Abstract

Sapto P. Putro, Agung Sudaryono, Riche Hariyati dan Suhartana. 2013. Cultivation Practices Evaluation System Multi-storey Floating Net Cages Based on Dominant Taxa and Opportunistic Makrobenthos. Konferensi Akuakultur Indonesia 2013. Environmental degradation resulting in decreased quantity of farmed fish production is a problem that often arises in A rapid industrial fisheries to meet the needs for food, especially seafood. Mass death in the cultivation period is often the case, especially in fish impoundment and floating net cage farm system. Based on this, the effective and efficient assessment of environmental quality are needed to increase production capacity and sustainability of its business. The purpose of this study was to assess the quality of environment at farming area as an evaluation of the practice of floating net cage farm system based on the dominant and opportunistic taxa of the macrobenthic structure.

The research was carried out at location of floating net cage farms at Lake Rawa Pening, Semarang regency. Abiotic and biotic sampling performed every three months over the study period, each consisting of four stations with three replications. Sampling was also done in the same amount of area within 1 km of the area of farming as a reference. Determination of causal factors, the level of disturbance, and species/taxa as indicators were done by analyzing the data and their abundance and environmental parameters using multivariate analysis approach on the structure and composition of the macrobethos. The results indicate an environmental disturbance based on a change in the structure of the makrobenthos. Dominant and opportunistic taxa were able effectively to describe the level of disturbance caused by farming practice using multivariate approach. The results of this research implies that moving the ordinate of floating net cages is needed at least once a year to allow the environmental sediments are recovered from the disturbance, especially caused by organic enrichment.

Keywords: Dominant taxa; Environmental disturbance; Graphical method; Macroenthos; Multivariate approach; Sustainable aquaculture

Abstrak

Penurunan kualitas lingkungan yang berakibat menurunnya kuantitas produksi ikan hasil budidaya merupakan masalah yang sering muncul di tengah pesatnya industri perikanan untuk memenuhi kebutuhan pangan, khususnya *seafood*. Kematian secara masal pada periode waktu pembudidayaan sering terjadi, khususnya budidaya dengan sistem tambak dan keramba jaring apung. Berdasarkan hal tersebut, upaya penentuan kualitas lingkungan budidaya yang efektif dan efisien diperlukan guna meningkatkan kapasitas produksi dan keberlanjutan usahanya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kualitas lingkungan budidaya sebagai evaluasi terhadap praktek budidaya sistem keramba jaring apung bertingkat (KJAB) berdasarkan taksa dominan dan oportunistik dari struktur makrobenthos.

Penelitian ini dilaksanakan di lokasi budidaya ikan sistem KJAB di perairan Rawa Pening, Kabupaten Semarang. Pengambilan sampel abiotik dan biotik dilakukan setiap tiga bulan selama setahun, masing-masing terdiri dari empat stasiun dengan tiga ulangan. Pengambilan sampel dengan jumlah sama juga dilakukan di area berjarak 1 km dari area budidaya sebagai referensi. Penentuan faktor penyebab, tingkat gangguan, dan species/taksa indikator dilakukan dengan menganalisis data parameter lingkungan dan kelimpahan makrobenthos menggunakan pendekatan multivariat analisis terhadap struktur dan komposisi makrobenthos. Hasil penelitian mengindikasikan adanya perubahan lingkungan didasarkan adanya perubahan struktur makrobenthos. Taksa dominan dan oportunistik mampu menggambarkan tingkat gangguan dengan efektif terhadap praktek budidaya menggunakan pendekatan multivariat. Implikasi hasil penelitian ini adalah perlunya melakukan pergeseran ordinat lokasi KJAB minimal setahun sekali untuk mengkondisikan lingkungan khususnya sedimen pulih kembali (*recovery*), khususnya dari pengkayaan organik (*organic enrichment*).

Kata kunci: Taksa dominan; Gangguan lingkungan; Metode grafis; Makrobenthos; Pendekatan multivariate; Akuakultur berkelanjutan

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara maritim dan kepulauan terbesar di dunia, dengan luas 5,8 juta kilometer persegi (km) atau 2/3 luas wilayah Republik Indonesia (RI) dan panjang pantai sekira 95.181 km. Salah satu sumber-sumber pertumbuhan ekonomi baru Indonesia yang dapat dikembangkan untuk kemajuan dan kesejahteraan adalah perikanan budidaya. Namun demikian, PDB (produk domestik bruto) perikanan RI baru 3,46% (Sudarsono, 2012). Lebih lanjut, berdasarkan data statistik perikanan budidaya tahun 2012, hanya sekitar 30% dari total produksi adalah komoditas ikan dan udang, sedangkan 70% lainnya adalah produksi rumput laut (Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2013). Sedangkan produksi perikanan budidaya di Jawa Tengah sepanjang kuartal I/2013 meningkat 0,8% dibanding sebelumnya, yaitu 50.369 ton ikan melalui lima jenis budidaya perikanan, antara lain budidaya tambak, kolam, karamba, karamba jaring apung dan budidaya sawah (Nastiti, 2013). Pada 2010, berdasarkan jumlah total produksinya, Indonesia menjadi negara keempat dalam hal produksi budidaya ikan non rumput laut dengan capaian produksi 2,3 juta ton, di bawah Vietnam (2,6 juta ton) di posisi ketiga, India (4,4 juta ton) di posisi kedua dan China (36,7 juta ton) di tempat pertama (Ispranoto, 2013). Berdasarkan data statistik dan luas wilayah perairan RI tersebut, maka peluang untuk meningkatkan kapasitas produksi perikanan budidaya perlu untuk terus ditingkatkan hingga ditargetkan dapat masuk 3 besar dunia.

Praktek perikanan budidaya tidak lepas dari berbagai kendala dan permasalahan yang harus dihadapi, antara lain upaya meningkatkan kapasitas produksi, mempertahankan kualitas produk perikanan, dan isu-isu lingkungan yang dapat mengancam keberlanjutan aktivitas budidaya itu sendiri. Usaha budidaya ikan dengan intensif merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produksi ikan, baik dilakukan secara monokultur ataupun polikultur. Seiring dengan semakin sempitnya area budidaya perairan darat atau sistem tambak dan potensi munculnya berbagai permasalahan lingkungan, serta ancaman terhadap banjir, maka aplikasi Keramba Jaring Apung Bertingkat (KJAB) menjadi salah satu solusi yang tepat menuju praktek budidaya produktif dan berkelanjutan. Dalam beberapa tahun terakhir, budidaya ikan sistem keramba jaring apung (KJA) berkembang pesat. Budidaya sistem KJA tersebut menjadi salah satu solusi terhadap permasalahan yang sering muncul pada budidaya sistem tambak, yaitu adanya banjir karena tingginya intensitas hujan pada musim tertentu sehingga dapat mengilangkan/menyapu biota budidaya. Salah satu upaya untuk meningkatkan kapasitas produksi tanpa menambah luasan horizontal area budidaya sistem KJA adalah modifikasi KJA menjadi keramba jaring apung bertingkat (Putro dan Suhartana, 2008; Wijayanti *et al.*, 2009).

Problem terbesar pada sektor akuakultur di Indonesia adalah banyaknya praktek budidaya yang tidak ramah lingkungan, berorientasi hanya pada kapasitas produksi tanpa memperhatikan *carrying capacity* lingkungan, dan kurangnya diversifikasi produk. Hal ini karena budidaya perikanan senantiasa menggunakan area yang terbatas dengan tingkat populasi yang tinggi dan adanya penambahan pakan bualat/pelet yang dapat berakibat pada meningkatkan pengkayaan organik perairan setempat. Jika aktivitas tersebut tidak diimbangi dengan penerapan manajemen lingkungan yang baik, maka material organik yang ditimbulkan dari aktivitas budidaya perikanan baik sistem keramba maupun tambak dapat menimbulkan ketidakseimbangan ekologis di kawasan tersebut, sehingga dapat mengancam keberlanjutan usahanya. Oleh karena itu, upaya peningkatan kualitas lingkungan perairan sangat perlu dilakukan dengan menerapkan manajemen lingkungan yang komprehensif melalui pengembangan metode biomonitoring dan ekologi terapan guna meningkatkan kapasitas produksi dan *sustainability* operasionalnya.

Peranan hewan makrobenthos di habitat sedimen

Hewan makrobenthos merupakan hewan invertebrata yang berukuran relatif kecil dan tertahan pada saringan berukuran 500 μ m dan tinggal di habitat dasar perairan dengan cara menggali atau membuat lubang di substrat sedimen, baik memiliki rumah tabung (*tubicolous*) maupun tidak memiliki tabung (Mackie dan Oliver, 1996). Hewan tersebut mempunyai peranan penting dalam pembentukan habitat sedimen. Organisme ini dapat menstimulasi dan meningkatkan

proses mineralisasi materi organik (Putro *et al.*, 2006; Heilskov dan Holmer, 2001), dan meningkatkan pertukaran partikel dalam lapisan batas antara air dan sedimen (Graf dan Rosenberg, 1997). Mereka berperan penting dalam rantai makanan melalui transfer karbon organik kembali ke ekosistem pelagis (Snelgrove, 1999; Snelgrove dan Butman, 1994). Melalui mekanisme, seperti peningkatan siklus N melalui nitrifikasi dan denitrifikasi, peningkatan laju oksidasi sedimen, organisme benthik sangat responsif terhadap eutropikasi dan hipoxia (De Roach *et al.*, 2002; Hansen dan Kristensen, 1998), dan karena itu dapat digunakan sebagai bioindikator pengkayaan organik (Grall dan Chauvaud, 2002).

Hewan makrobenthos mempunyai peranan penting dalam pembentukan habitat sedimen. Organisme ini dapat menstimulasi dan meningkatkan proses mineralisasi materi organik (Heilskov dan Holmer, 2001), dan meningkatkan pertukaran partikel dalam lapisan batas antara air dan sedimen (Graf dan Rosenberg, 1997). Mereka berperan penting dalam rantai makanan melalui transfer karbon organik kembali ke ekosistem pelagis (Snelgrove, 1999). Melalui mekanisme, seperti peningkatan siklus N melalui nitrifikasi dan denitrifikasi, peningkatan laju oksidasi sedimen, organisme benthik sangat responsif terhadap eutropikasi dan hipoxia ((De Roach *et al.*, 2002; Hansen dan Kristensen, 1998), dan karena itu dapat digunakan sebagai bioindikator pengkayaan organik (Grall dan Chauvaud, 2002).

Respon makrobenthos terhadap gangguan lingkungan

Perubahan pola kepadatan dan biomasa hewan makrobenthos dapat digunakan sebagai indikator adanya perubahan atau gangguan komunitas di suatu ekosistem. Tingkat gangguan dapat dicirikan dengan adanya perubahan komposisi atau proporsi jenis hewan makrobenthos dan distribusi relatif kepadatan dan biomasa suatu species sejalan dengan meningkatnya tahapan dari suatu gangguan. Faktor lingkungan, seperti konsentrasi oksigen dalam sedimen, dapat mempengaruhi distribusi, kelimpahan, dan kekayaan taksa/jenis makrobenthik *infauna*, khususnya dalam sistem estuarin (Flemer *et al.*, 1999). Keister *et al.* (2000) menyatakan bahwa kelimpahan jenis larva ikan ditemukan rendah dalam lingkungan ber kandungan oksigen rendah (≤ 2 mg/L O₂), dibandingkan dengan lingkungan ber kandungan oksigen tinggi (>2 mg/L O₂), dan jumlah kepadatan total Copepoda menurun hingga kurang dari 50% pada perairan kandungan oksigen rendah. Hasil investigasi Levin *et al.* (2003) terhadap struktur makrobenthos sepanjang gradien pengurangan oksigen menyimpulkan bahwa distribusi vertikal dari fauna dalam sedimen terbatas hanya sampai beberapa sentimeter di bawah permukaan sedimen.

Beberapa studi mengenai dampak aktivitas budidaya ikan terhadap kualitas perairan dan sedimen telah dilakukan (Ye *et al.*, 1991; Dougall and Black, 1999; Pawar *et al.*, 2001; Pearson dan Black, 2001; Pawar *et al.*, 2002; Schendel *et al.*, 2004; Porello *et al.*, 2005; Putro *et al.*, 2006; Putro *et al.*, 2006), antara lain adanya pengkayaan organik, eutropikasi, sedimen *anoxic* (tanpa oksigen), penurunan potensial redoks, peningkatan konsumsi oksigen dalam sedimen, peningkatan karbon organik total, sulfid, komponen nitrogen, dan fosfat. Namun hasil-hasil dari studi tersebut umumnya bervariasi, mengindikasikan bahwa variabel abiotik lingkungan saja tidak cukup untuk menentukan kualitas lingkungan secara lebih komprehensif.

Materi dan Metode

Penentuan lokasi penelitian dan titik/stasiun pengambilan sampel

Penelitian ini dilakukan pada kawasan budidaya Keramba Jaring Apung Bertingkat (KJAB) di area perairan Danau Rawapening, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Survey awal telah dilakukan bertujuan untuk menentukan lokasi pengambilan sampel yang ideal, berdasarkan intensitas aktivitas budidaya dan hidrografi dan karakteristik sedimen. Berdasarkan survey tersebut telah ditentukan 2 lokasi utama, yaitu Lokasi I berada di perairan Rawapening sebagai tempat budidaya keramba ikan, dan Lokasi II berada di kawasan Sayung Demak sebagai tempat budidaya ikan bandeng dan udang. Lokasi penelitian terdiri dari 3 stasiun pengambilan sampel, antara lain:

1. Stasiun I : Keramba apung Rukun Santosa
2. Stasiun II : Keramba Ngudi Makmur

3. Stasiun III : Area kontrol/ refferensi (Rawa lepas)

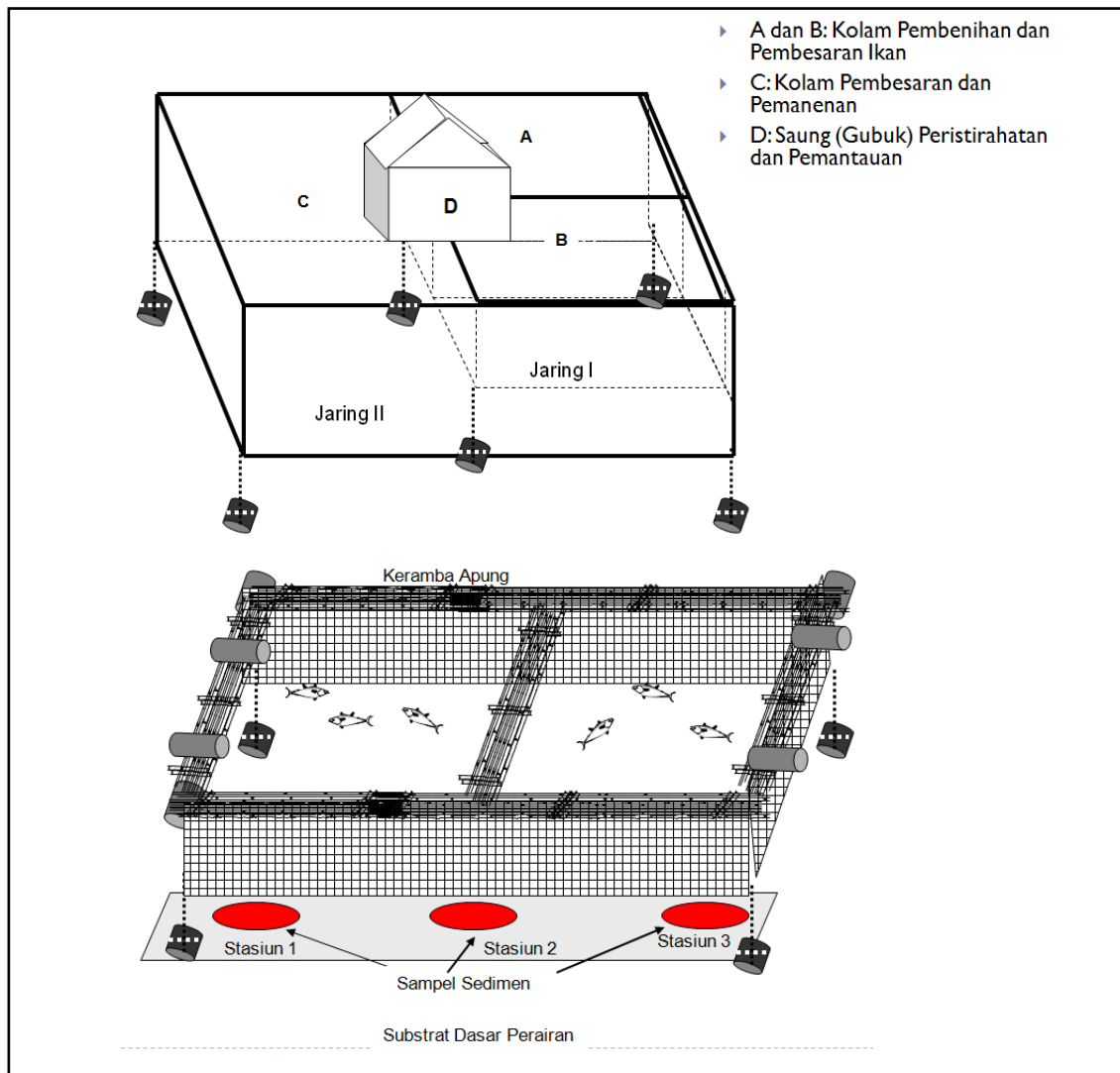
Masing-masing Stasiun dilakukan pengambilan sampel sedimen dengan 3 kali ulangan (Gambar 2). Setiap Stasiun ditentukan 2 titik pengambilan sampel searah dengan arah arus air, yaitu bagian hulu dan hilir. Pengambilan sampel sedimen dilakukan menggunakan *Eckman Grab*, kemudian dimasukkan ke dalam bejana plastik dengan penambahan larutan formalin 4%. Waktu pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali. Penentuan kualitas perairan dilakukan secara *in situ* (Gambar 1), sedangkan penentuan kualitas sedimen dilakukan secara *ex situ* berdasarkan beberapa parameter fisika-kimia sedimen, yaitu komposisi fisika/partikel sedimen dan kandungan materi organik. Parameter lingkungan hanya digunakan sebagai data pendukung dan tidak dibahas dalam artikel ini.

Analisis hewan makrobenthos dan analisis data

Sampel sedimen yang diambil dari Eckman Grab dimasukkan ke dalam larutan formalin 4% dan disimpan dalam bejana plastik. Sampel disaring menggunakan saringan benthos (ukuran mata jaring 1 mm). Organisme yang tertahan kemudian dimasukkan ke dalam larutan etanol 70% untuk analisis selanjutnya, yang meliputi penyortiran, penghitungan, identifikasi, penghitungan jumlah jenis, kepadatan, dan penggolongan taxa. Penentuan taksa dominan didasarkan pada tingginya proporsi taksa tertentu terhadap taksa yang lain pada masing-masing lokasi. Uji ANOVA dua-arah digunakan untuk menguji perbedaan kelimpahan makrobenthos antara lokasi dan waktu sampling. Jika hasil analisis ANOVA dua-arah menunjukkan adanya perbedaan kelimpahan makrobenthos yang nyata, maka dilakukan uji lanjut menggunakan Post Hoc (HSD Tukey). Analisis multivariat dilakukan terhadap data kelimpahan makrobenthos menggunakan Non-metric Multi Dimensional Scaling (NMDS) berdasarkan matriks Bray-Curtis. Transformasi data Log (X+1) dilakukan terhadap data kelimpahan makrobenthos sebelum analisis NMDS dilakukan. Untuk mengetahui peranan taksa dominan dalam tingkat gangguan, maka dilakukan *bubble plot* untuk memunculkan secara khusus masing-masing taksa dominan (*superimpose*) dalam ordinasi (Clarke dan Warwick, 2001).



Gambar 1. Proses pengambilan data: (A). Pengukuran parameter lingkungan budidaya; (B) Pengambilan sampel sedimen menggunakan Eckman Grab.



Gambar 2. Keramba Jaring Apung Bertingkat (KJAB): (A). Desain KJAB dilengkapi saung; (B) Metode pengambilan sampel sedimen di bawah lokasi KJAB.

Hasil dan Pembahasan

Struktur makrobenthos: spasial dan temporal

Hasil dari pengamatan sampling pertama baik itu di lokasi budidaya maupun di lokasi kontrol dapat ditemukan 25 spesies makrobenthos yang berasal dari lima kelas yaitu Gastropoda, Insecta, Polychaeta, Oligochaeta, dan Crustacea, seperti disajikan pada Tabel 1.

Pada Lokasi I yaitu lokasi budidaya keramba rukun santosa yang telah beroperasi selama setahun hanya ditemukan 8 spesies makrobenthos yaitu *Littorina saxatilis* dari kelas Gastropoda; *Chaoborus* sp. dan *Chironomus* sp. dari kelas Insecta; *Lumbrineris* sp., *Baccardia* sp., *Capitella* sp., *Eunice* sp. dari kelas Polychaeta; dan *Tubifex* sp dari kelas Oligochaeta.

Tabel 1. Struktur makrobenthos pada sampling I di lokasi KJAB dan referensi.

NO.	CLASS	FAMILY	SPECIES	Kelimpahan /grab (8300 mm ³)					
				KA01RS1B	KA02RS1B	KA01NM1B	KA02NM1B	RO1NK1B	RO2NK1B
1	GASTROPODA	THIARIDAE	<i>Melanoides tuberculata</i>	0	0	22	6	0	4
			<i>Brothia wykoffi</i>	0	0	0	0	0	0
			<i>Melanoides granifera</i>	0	0	0	0	0	0
			<i>Thiara balonnensis</i>	0	0	0	0	0	0
		TURRITELLIDAE	<i>Turritella bicingulata</i>	0	0	10	0	0	0
			<i>Turritella</i> sp.	0	0	14	0	0	0
		LITTORINIDAE	<i>Littorina saxatilis</i>	2	0	1	3	7	18
		BUCCINIDAE	<i>Aeneator fontainei</i>	0	0	0	0	0	0
			<i>Anentome</i> sp.	0	0	0	0	0	1
2	BIVALVIA	MACTROIDAE	<i>Spisula subtruncata</i>	0	0	0	0	0	0
3	INSECTA	CHAOBORIDAE	<i>Chaoborus</i> sp.	3	4	4	15	77	71
		CHIRONOMIDAE	<i>Chironomus</i> sp.	0	1	4	20	6	7
4	POLYCHAETA	LUMBRINERIDAE	<i>Lumbrineris</i> sp.	23	0	0	0	39	5
		SPIONIDAE	<i>Baccardia</i> sp.	2	3	1	0	0	0
		CAPITELLIDAE	<i>Capitella</i> sp.	5	5	2	13	15	12
		EUNICIDAE	<i>Notomastus</i> sp.	0	0	0	1	0	6
			<i>Eunice</i> sp.	0	10	0	0	0	0
			<i>Nematoneris</i> sp.	0	0	1	1	0	0
		OENONIDAE	<i>Oenone</i> sp.	0	0	0	0	0	0
		SABELLIDAE	<i>Branchiomma</i> sp.	0	0	6	0	0	0
		CIRRATULIDAE	<i>Aphelochaeta</i> sp.	0	0	14	0	0	1
5	OLIGOCHAETA	TUBIFICIDAE	<i>Tubifex</i> sp.	4	10	19	67	0	6
6	CRUSTACEA	ATYIDAE	<i>Paratya</i> sp.	0	0	0	0	0	1

Keterangan: Lokasi I: KA01RS1B = lokasi arah hilir KJAB Rukun Santosa; KA02RS1B = lokasi arah muara KJAB Rukun Santosa; Lokasi II: KA01NM1B = lokasi arah hilir KJAB Ngudi Makmur; KA02NM1B = lokasi arah muara KJAB Ngudi Makmur; Lokasi III: RO1NK1B = lokasi referensi arah hilir; RO2NK1B = lokasi referensi arah muara.

Berbeda dengan Lokasi II yaitu lokasi keramba Ngudi Makmur yang baru beroperasi, ditemukan jumlah spesies yang lebih beragam dari jumlah spesies lokasi Rukun Santosa yaitu 17 spesies makrobenthos, antara lain *Melanoides tuberculata*, *Brotia costula*, *Melanoides torulosa*, *Melanoides* sp., *Melanoides maculata*, *Turritella bicingulata*, *Turritella* sp., *Littorina saxatilis* dari kelas Gastropoda; *Chaoborus* sp., *Chironomus* sp. dari kelas Insecta; *Baccardia* sp., *Capitella* sp., *Notomastus* sp., *Nematoneris* sp., *Branchiomma* sp., *Aphelochaeta* sp. dari kelas Polychaeta; dan *Tubifex* sp. dari kelas Oligochaeta. Jika dibandingkan antara kedua lokasi budidaya dengan lokasi kontrol, jumlah spesies yang paling banyak terdapat pada lokasi III yaitu lokasi kontrol. Hal ini kemungkinan dikarenakan lokasi kontrol merupakan lokasi yang belum terganggu oleh aktivitas manusia, khususnya aktivitas budidaya keramba ikan. Spesies yang ditemukan berjumlah 19 spesies makrobenthos antara lain, *Melanoides tuberculata*, *Melanoides granifera*, *Melanoides denisoniensis*, *Brotia costulata*, *Brotia costula*, *Melanoides torulosa*, *Melanoides* sp., *Melanoides maculata*, *Melanoides costellaris*, *Littorina saxatilis*, *Anentome* sp. dari kelas Gastropoda; *Chaoborus* sp., *Chironomus* sp. dari kelas Insecta; *Lumbrineris* sp., *Capitella* sp., *Notomastus* sp., *Aphelochaeta* sp. dari kelas Polychaeta; *Tubifex* sp. dari kelas Oligochaeta; dan *Paratya* sp. dari kelas Crustacea.

Pada hasil pengamatan sampling kedua baik itu di lokasi budidaya maupun di lokasi kontrol dapat ditemukan 25 spesies makrobenthos yang berasal dari lima kelas yaitu Gastropoda, Bivalvia, Insecta, Polychaeta, dan Oligochaeta, seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Struktur makrobenthos pada sampling II di lokasi KJAB dan referensi.

NO.	CLASS	FAMILY	SPECIES	Kelimpahan /grab (8300 mm3)					
				KA01RS2B	KA02RS2B	KA01NM2E	KA02NM2B	RO1NK2B	RO2NK2B
1	GASTROPODA	THIARIDAE	<i>Melanoides tuberculata</i>	0	0	20	23	28	18
			<i>Brothia wykoffi</i>	0	0	0	0	0	34
			<i>Melanoides granifera</i>	0	0	0	0	0	23
			<i>Thiara balonnensis</i>	0	0	0	0	0	18
		TURRITELLIDAE	<i>Turritella bicingulata</i>	0	0	0	0	0	0
			<i>Turritella</i> sp.	0	0	0	0	0	0
		LITTORINIDAE	<i>Littorina saxatilis</i>	0	0	1	0	0	1
		BUCCINIDAE	<i>Aeneator fontainei</i>	0	0	0	0	0	1
			<i>Anentome</i> sp.	0	0	0	1	0	4
2	BIVALVIA	MACTROIDAE	<i>Spisula subtruncata</i>	0	0	0	0	1	0
3	INSECTA	CHAOBORIDAE	<i>Chaoborus</i> sp.	3	1	0	10	3	0
		CHIRONOMIDAE	<i>Chironomus</i> sp.	0	1	6	2	15	4
4	POLYCHAETA	LUMBRINERIDAE	<i>Lumbrineris</i> sp.	0	0	3	0	4	2
		SPIONIDAE	<i>Baccardia</i> sp.	1	0	0	0	0	0
		CAPITELLIDAE	<i>Capitella</i> sp.	3	4	14	2	4	2
			<i>Notomastus</i> sp.	0	0	2	0	3	2
			<i>Eunice</i> sp.	0	0	0	0	0	0
		EUNICIDAE	<i>Nematoneris</i> sp.	0	0	0	0	0	0
			<i>Oenone</i> sp.	0	0	0	1	0	0
		SABELLIDAE	<i>Branchiomma</i> sp.	0	0	1	0	0	0
		CIRRATULIDAE	<i>Aphelocheata</i> sp.	0	2	5	0	0	0
5	OLIGOCHAETA	TUBIFICIDAE	<i>Tubifex</i> sp.	0	0	1	0	1	0

Keterangan: Lokasi I: KA01RS1B = lokasi arah hilir KJAB Rukun Santosa; KA02RS1B = lokasi arah muara KJAB Rukun Santosa; Lokasi II: KA01NM1B = lokasi arah hilir KJAB Ngudi Makmur; KA012M1B = lokasi arah muara KJAB Ngudi Makmur; Lokasi III: RO1NK1B = lokasi referensi arah hilir; RO2NK1B = lokasi referensi arah muara.

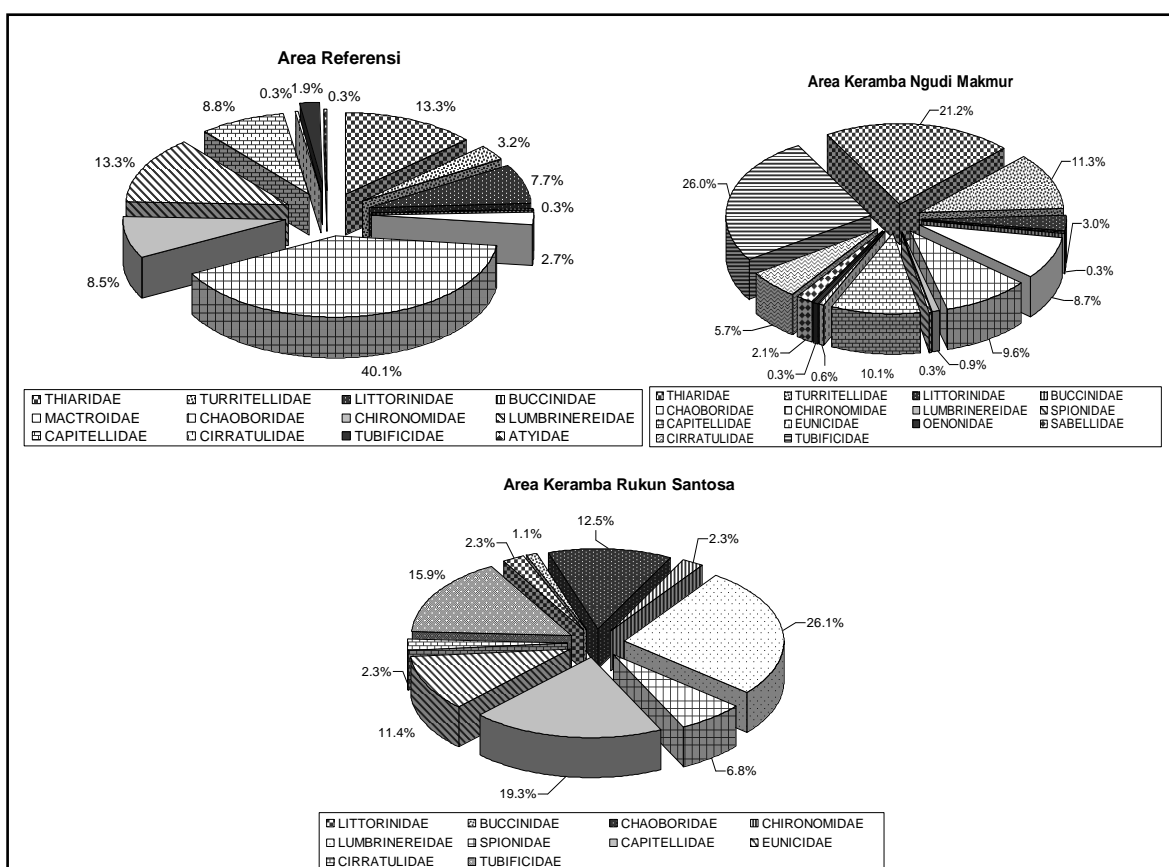
Pada lokasi I hanya ditemukan 5 spesies makrobenthos, antara lain *Chaoborus* sp., *Chironomus* sp. dari kelas Insecta; *Baccardia* sp., *Capitella* sp., *Aphelocheata* sp. dari kelas Polychaeta. Sedangkan pada lokasi II ditemukan 15 spesies makrobenthos yaitu *Melanoides tuberculata*, *Brothia costula*, *Melanoides torulosa*, *Melanoides maculata*, *Littorina saxatilis*, *Anentome* sp. dari kelas Gastropoda; dari kelas Insecta ditemukan spesies *Chaoborus* sp., dan *Chironomus* sp; sedangkan dari kelas Polychaeta yang ditemukan terdiri dari *Lumbrineris* sp., *Capitella* sp., *Notomastus* sp, *Oenone* sp., *Branchiomma* sp., dan *Aphelocheata* sp; serta *Tubifex* sp. dari kelas Oligochaeta.

Jumlah spesies yang paling banyak ditemukan pada lokasi III yaitu 21 spesies makrobenthos yang terdiri dari, *Melanoides tuberculata*, *Brothia wykoffi*, *Melanoides granifera*, *Thiara balonnensis*, *Melanoides denisoniensis*, *Brothia costulata*, *Brothia costula*, *Melanoides torulosa*, *Melanoides* sp., *Melanoides maculata*, *Melanoides costellaris*, *Littorina saxatilis*, *Aeneator fontainei*, *Anentome* sp. dari kelas Gastropoda; *Spisula subtruncata* dari kelas Bivalvia; *Chaoborus* sp., dan *Chironomus* sp dari kelas Insecta; *Lumbrineris* sp., *Capitella* sp., *Notomastus* sp dari kelas Polychaeta.; dan *Tubifex* sp. dari kelas Oligochaeta.

Pada sampling pertama ditemukan spesies *Chaoborus* sp., dan *Chironomus* sp dari kelas Insecta dalam jumlah yang relatif banyak dibanding pada sampling I. Hal ini kemungkinan disebabkan karena kedua species tersebut hanya ditemukan di perairan saat fase larva dan pupa dan sebagian telah menjadi serangga dewasa saat pengambilan sampel kedua. Kedua species tersebut merupakan anggota dari Klas Insecta (Ordo: Diptera) yang mempunyai waktu hidup yang pendek (*short life span organisms*). Seperti serangga lainnya, Chironomidae dan Chaoboridae memiliki 4 fase hidup: telur, larva, pupa, dan dewasa. Species yang ditemukan *Chaoborus* sp., dan *Chironomus* sp di sampel sedimen Rawapening merupakan fase larva yang hanya berlangsung selama beberapa minggu (Hutchinson, 1993). Larvae kedua species tersebut bertubuh transparan, telah memiliki sistem syaraf dan otak, dan sistem sirkulasi darah, serta direkomendasikan sebagai indikator biologis dalam penentuan kualitas suatu perairan (Hutchinson, 1993).

Hasil data kelimpahan makrobenthos selama waktu pengambilan sampel untuk masing-masing lokasi ditampilkan sebagai proporsi kelimpahan dalam diagram pie, seperti disajikan pada Gambar 3. Pada Lokasi I (keramba rukun santosa) persentase komposisi kelimpahan spesies

makrobenthos didominasi oleh 3 famili, yaitu Famili Lumbrineridae (23,9%), Famili Capitellidae (22,9%), dan Famili Tubificidae (14,7%). Ketiga taksa dominan tersebut dikenal sebagai taksa oportunistik yang dapat mendominasi struktur makrobenthos pada lingkungan perairan yang mengalami gangguan, khususnya oleh pengkayaan organik substrat (Putro, 2006; Fauchald, 1977, Pearson dan Rosenberg, 1978). Sedangkan proporsi terkecil dari struktur makrobenthos adalah Famili Littorinidae, Buccinidae, dan Chironomidae, masing-masing sebesar 1,8%. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan keramba apung selama setahun dapat merubah kualitas lingkungan perairan setempat. Sampling pada lokasi tersebut dilakukan selama 1–6 bulan periode *fallowing*, yaitu periode ditinggalkannya lokasi tersebut untuk sementara sebagai tempat pengoperasian keramba dan dipindahkan ke ordinat lain selama waktu tertentu untuk memberikan kesempatan lingkungan untuk pulih kembali (*recovery*).



Gambar 3. Prosentase kelimpahan makrobenthos selama waktu pengambilan sampel untuk masing-masing lokasi.

persentase komposisi kelimpahan spesies makrobenthos di Lokasi II (keramba Ngudi Makmur) didominasi oleh Famili Thiaridae (28,4%), Turitellidae (25,6%) dan Tubificidae (15,4%). Sedangkan proporsi kelimpahan yang paling sedikit adalah Famili Buccinidae, Spionidae, dan Oenonidae, masing-masing sebesar 0,2%. Sampling pada lokasi tersebut dilakukan sejak sebulan pengoperasian keramba. Berdasarkan studi literatur, Famili Thiaridae dan Turitellidae yang mendominasi di lokasi tersebut tidak direkomendasikan sebagai taksa oportunistik, sehingga dominansinya tidak mengindikasikan adanya gangguan/perubahan lingkungan, kecuali Tubificidae (*Oligochaeta*). Adanya kelimpahan famili Tubificidae di lokasi merupakan indikasi awal adanya perubahan lingkungan sebagai dampak aktivitas budidaya.

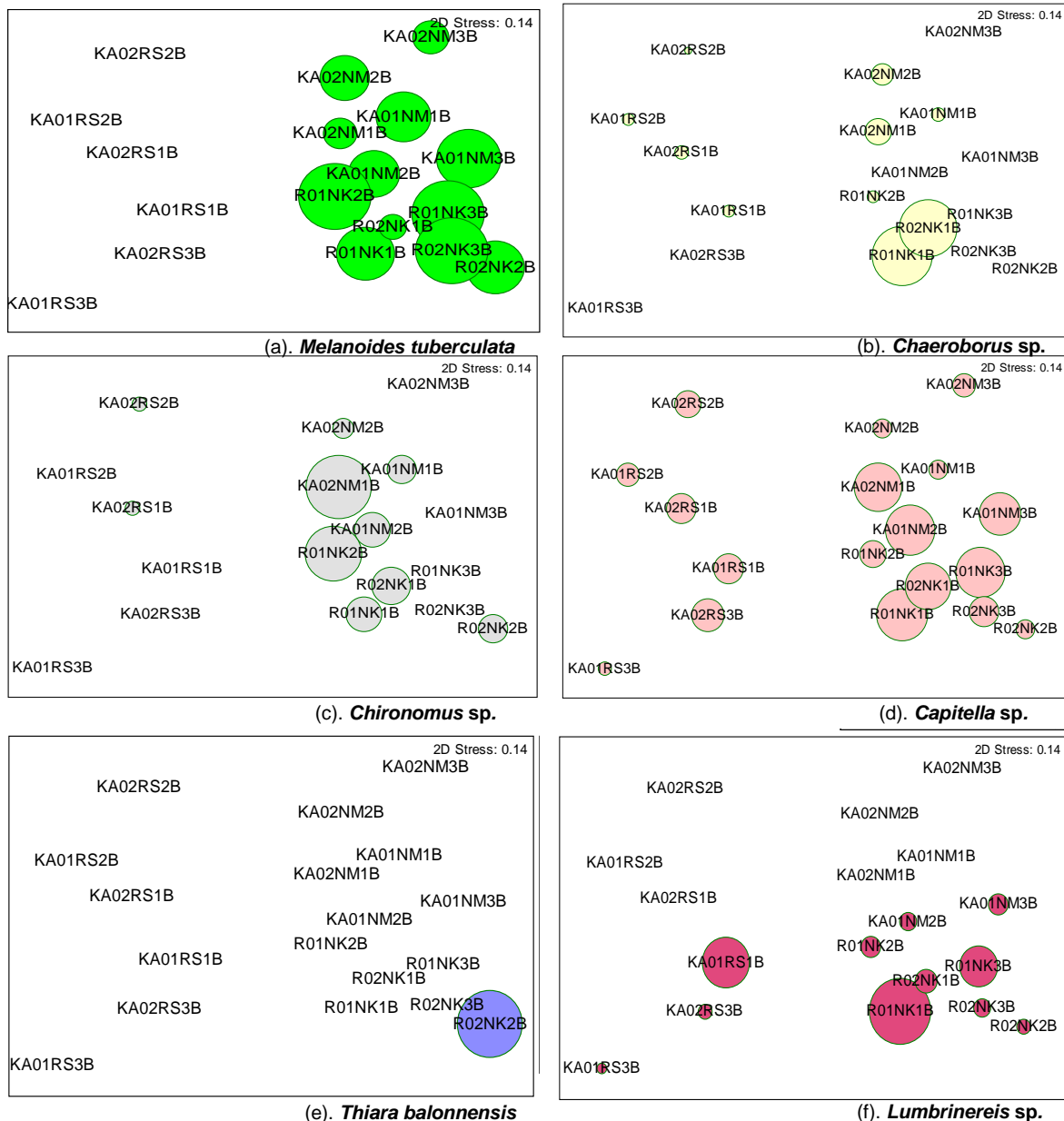
Komposisi kelimpahan spesies makrobenthos yang paling mendominasi di lokasi kontrol dengan jumlah persentase terbesar (52,7%) yaitu Famili Thiaridae, disusul Famili Chaoboridae (16%). Sedangkan, jumlah persentase komposisi kelimpahan spesies makrobenthos yang paling sedikit yaitu pada Famili Atyidae (0,3%). Berdasarkan studi literatur, Famili Chaoboridae (16%)

direkomendasikan sebagai taksa oportunistik, sehingga kelimpahannya berhubungan dengan adanya perubahan lingkungan, khususnya pengkayaan organik. Keberadaan larvae chaoboridae dapat digunakan sebagai indikator biologis dalam penentuan kualitas suatu perairan. Kondisi tersebut kemungkinan karena adanya penyebaran materi organik dari area budidaya keluar area budidaya (spread out) oleh adanya aliran/arus perairan setempat.

Uji ANOVA dua-arah digunakan untuk menguji perbedaan kelimpahan makrobenthos antara lokasi dan waktu sampling. Hasil analisis variansi (ANOVA) dua-arah menunjukkan adanya perbedaan kelimpahan makrobenthos yang nyata secara statistik antara lokasi I, II, dan III [$F(2, 183) = 7,461$, $P = .001$], dengan kategori efek ukuran (*size effect*) yang sedang (*partial eta squared* = .075). Yokoyama (2002) menjelaskan bahwa hasil uji lanjut menggunakan Post Hoc (HSD Tukey) mengindikasikan adanya perbedaan nyata antara Lokasi I keramba Rukun Santosa ($M = 0,56$, $SD = 0,26$) dengan Lokasi II keramba Ngudi Makmur ($M = 0,75$, $SD = 0,39$), dan antara Lokasi I dengan Lokasi III lokasi kontrol/Rawa Lepas ($M = 0,85$, $SD = 0,40$). Perbedaan antar waktu [$F(2, 183) = 7,461$, $p = .095$] dan efek interaksi antara waktu dan lokasi tidak menunjukkan perbedaan nyata [$F(4, 183) = 7,461$, $p = .405$]. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas budidaya dapat mempengaruhi perubahan lingkungan biotik disekitarnya, khususnya komunitas makrobenthos. Kehadiran kelompok taksa oportunistik anggota Famili Tubificidae pada lokasi II, KJAB Ngudi Makmur menunjukkan adanya awal perubahan lingkungan sedimen, khususnya karena adanya peningkatan kandungan organik substrat sebagai sumber makanan species tersebut. KJAB di lokasi Ngudi Makmur telah beroperasi aktif sejak enam bulan saat sampling dilakukan. Sedangkan pada KJAB Rukun Santosa telah beroperasi setahun dan ordinat tersebut ditinggalkan untuk sementara waktu untuk proses pemulihan lingkungan (*fallowing period*) saat pengambilan sampel ditemukan dominansi anggota Famili Lumbrineridae dan Capitellidae. Kedua famili dari Klas Polychaeta tersebut direkomendasikan sebagai taksa oportunistik (Putro *et al.*, 2006; Pearson dan Rosenberg, 1978; Fauchald, 1977) yang kehadirannya mengindikasikan adanya perubahan lingkungan karena adanya pengkayaan organik substrat.

Peranan hewan Polychaeta sebagai organisme invertebrata laut pertama yang mengkoloni area terpolusi telah banyak diteliti. Species atau grup taxa berasosiasi dengan suksesi tahap awal dalam sedimen kaya organik, antara lain *Capitella* (Capitellidae), *Streblospio* (Spionidae), *Scoelepis* (Spionidae) (Putro *et al.*, 2006; Pearson dan Rosenberg, 1978; Putro *et al.*, 2006). Lebih lanjut, Yokoyama (2002) melaporkan adanya proses pemulihan awal dari sedimen *azoic* (tak beroksigen) di bawah area budidaya ikan oleh *Capitella* sp. (Capitellidae), dan *Pseudopolydora paucibranchiata* (Spionidae). *Capitella*, *Mediomastus*, *Streblospio*, dan *Prionospio* tercatat sebagai species indikator yang mendiami area kaya organik di perairan dangkal Amerika Utara (Hutchings, 1998; Levin *et al.*, 2003). Berkaitan dengan species oportunistik, Clarke dan Warwick, 2001 menjelaskan bahwa dalam kondisi area terganggu, komunitas makrobenthos didominasi oleh organisme yang memiliki strategi “seleksi-r” dalam hidupnya, atau disebut species oportunistik. Spesies ini memiliki ciri-ciri ukuran tubuhnya relatif kecil, masa hidup pendek, dominan dalam jumlah jenisnya namun rendah/sedikit biomasanya, memiliki tingkat reproduksi potensial yang tinggi dan maturasi dini (Diaz dan Rosenberg, 1995).

Pada Gambar 4 memperlihatkan *bubble plot* untuk menggambarkan kelimpahan taksa dominan di tiap-tiap stasiun dalam ordinasi NMDS. Semakin tinggi kelimpahannya akan semakin besar lingkaran (*bubble*) tersebut. Keberadaan taksa dominan tersebut berpengaruh terhadap posisi dan konfigurasi ordinasi (Clarke dan Warwick, 2001; Putro *et al.*, 2006).



Gambar 4. *Bubble plot* taksa dominan (*superimpose*) dalam ordinasi NMDS pada stasiun-stasiun pengambilan sampel di Lokasi I, Lokasi II, dan Lokasi III: (a). *Melanoides tuberculata*; (b). *Chaeroborus*; (c). *Chironomus* sp.; (d). *Capitella* sp.; (e). *Thiara balonensis*; (f). *Lumbrinereis* sp.

Berdasarkan ordinasi, *Melanoides tuberculata* (Thiaridae) mendominasi pada Lokasi III (referensi) dan Lokasi II (KJAB Ngudi Makmur) dan berperan dalam pemisahan antara kedua lokasi tersebut dengan Lokasi I (KJAB Rukun Santosa). Lebih lanjut, *Chaeroborus* sp. dan *Chironomus* sp. (larva Insecta) hanya terdapat di Lokasi II dan II, dengan domansi kelimpahan di Lokasi II, sehingga berperan dalam pemisahan lokasi tersebut dengan Lokasi I dalam ordinasi. Kedua larva tersebut direkomendasikan sebagai taksa oportunistik, sehingga keberadaan taksa tersebut dapat mengindikasikan adanya gangguan lingkungan. Adanya taksa oportunistik di lokasi referensi kemungkinan disebabkan karena penyebaran materi organik terlarut dari aktivitas budidaya KJAB telah menyebar beberapa meter keluar dari area budidaya karena adanya arus di perairan tersebut. Keberadaan *Thiara balonensis* dalam jumlah yang melimpah di lokasi I telah memisahkan posisi Stasiun RO2NK2B dengan stasiun-stasiun lainnya. Demikian pula kehadiran *Lumbrinereis* sp. pada hampir semua lokasi sampling telah menempatkan stasiun-stasiun tersebut pada ordinat yang cenderung menuju ke sudut kanan bawah dari ordinasi NMDS. Kecenderungan stasiun sampling

menuju ke posisi arah kanan dari ordinasi mengindikasikan semakin tingginya level gangguan, yang disebabkan oleh dominansi dari taksa oportunistik (Pearson and Rosenberg, 1978; Clarke, K. R. dan Warwick, 1994; Clarke dan Warwick, 2001; Putro *et al.*, 2006). Hasil ordinasi dan *bubble plot* terhadap taksa dominan di lokasi KJAB maupun referensi dapat secara akurat menggambarkan kedekatan kondisi stasiun-stasiun sesuai dengan tingkat gangguan berdasarkan struktur makrobenthos.

Kesimpulan

1. Analisis multivariat menggunakan ordinasi dan *bubble plot* terhadap taksa dominan dapat secara akurat menggambarkan kedekatan kondisi stasiun-stasiun di lokasi KJAB maupun referensi sesuai dengan tingkat gangguan berdasarkan struktur makrobenthos.
2. Sebagian besar taksa dominan merupakan species oportunistik, antara lain *Chaeroborus* sp. dan *Chironomus* sp. (larva Insecta), *Capitella* sp. (Polychaeta), and *Tubifex* sp. (Oligochaeta)
3. Keberadaan dan kelimpahan taksa oportunistik di lokasi KJAB dapat menggambarkan tingkat gangguan lingkungan, khususnya oleh pengkayaan organik substrat.
4. Praktek budidaya ikan sistem KJAB dapat diaplikasikan pada kondisi perairan Rawapening, namun disarankan untuk melakukan pergeseran ordinat lokasi keramba minimal setahun sekali untuk mengkondisikan lingkungan khususnya sedimen pulih kembali (*recovery*), khususnya dari pengkayaan organik (*organic enrichment*).

Ucapan Terima Kasih

Peneliti menyampaikan terima kasih kepada Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi (Litabmas-DIKTI) atas pendanaan penelitian Hibah Kompetensi tahun anggaran 2013 dan Hibah MP3EI tahun anggaran 2013.

Daftar Pustaka

- Clarke, K.R. and R.M. Warwick. 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Marine Biology*, 118: 167-176.
- Clarke, K.R. and R.M. Warwick. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation PRIMER-E Ltd, Plymouth.
- Clarke, K.R., P.J. Somerfield and M.G. Chapman. 2006. On resemblance measures for ecological studies, including taxonomic dissimilarities and a zero-adjusted Bray-Curtis coefficient for denuded assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, In Press.
- De Roach, R.J., A.W. Rate, B. Knott and P.M. Davies. 2002. Denitrification activity in sediment surrounding polychaete (*Ceratonereis aciculis*) burrows. *Marine dan Freshwater Research*, 53: 35-41.
- Diaz R.J. dan R. Rosenberg. 1995. Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 33: 245-303.
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Kementrian Kelautan dan Perikanan. 2013. Statistik Perikanan Budidaya. Diakses melalui website: <http://www.djpb.kkp.go.id/berita.php?id=898>
- Dougall, N.M. and K.D. Black. 1999. Determining sediment properties around a marine cage farm using acoustic ground discrimination: RoxAnn TM. *Aquaculture Research*, 30: 451-458.
- Fauchald, K. 1977. The polychaete worms: Definitions and keys to the orders, families, and genera. Natural History Museum of Los Angeles County, Los Angeles.
- Flemer, D.A., W.L. Krunzyski, B.F. Ruth and C. Bundrick. 1999. The relative influence of hypoxia, anoxia, and associated environmental factors as determinants of macrobenthic community structure in a Northern Gulf of Mexico estuary. *Journal of Aquatic Stress and Recovery*, 6: 311-328.
- Graf, G. and R. Rosenberg. 1997. Bioresuspension and biodeposition: a review. *Journal of Marine Systems*, 11: 269-278.
- Grall, J. and L. Chauvaud. 2002. Marine eutrophication and benthos: the need for new approaches and concepts. *Global Change Biology*, 8: 813-830.

- Hansen, K. and E. Kristensen.** 1998. The impact of the polychaete *Nereis diversicolor* and enrichment with macroalgal (*Chaetomorpha linum*) detritus on benthic metabolism and nutrient dynamics in organic-poor and organic-rich sediment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 231: 201-223.
- Heilskov, A. and M. Holmer.** 2001. Effects of benthic fauna on organic matter mineralization in fish-farm sediments: importance of size and abundance. *ICES Journal of Marine Science* 58: 123-139.
- Hutchings, P.** 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1133-1145.
- Hutchinson, G.E.** 1993. A Treatise on Limnology. Vol. IV, The Zoobenthos. Ed. Y.H. Edmondson. John Wiley & Sons, Inc.
- Ispranoto, T.** 2013. Produksi Budidaya Perikanan RI Ditargetkan Masuk 3 Besar Dunia. Diakses melalui website: <http://economy.okezone.com/read/2013/03/06/320/771913/redirect>
- Kaiser, M.J., K. Ramsay, C.A Richardson, F.E. Spence and A.R. Brand.** 2000. Chronic fishing disturbance has changed shelf sea benthic community structure. *Journal of Animal Ecology*, 69: 494-503.
- Levin, L., W. Ziebis, G.F. Mendoza, V.A. Growney, M.D. Tryon, K.M. Brown, C. Mahn, J.M. Gieskes and A.E. Rathburn.** 2003. Spatial heterogeneity of macrofauna at northern California methane seeps: influence of sulfide concentration and fluid flow. *Marine Ecology Progress Series*, 265: 123-139.
- Mackie, A.S.Y. and P.G. Oliver.** 1996. Marine macrofauna: Polychaetes, Molluscs and Crustaceans, p. 263-284. In: Hall, G. S., ed., Methods for the examination of organismal diversity in soils and sediments. CAB International, University Press, Cambridge.
- Nastiti,** 2013. Produksi Ikan Budidaya Jateng Meningkatkan 0,8%. Diakses melalui website: <http://www.bisnis-jateng.com/index.php/2013/06/produksi-ikan-budidaya-jateng-meningkat-08/>
- Pawar, V., O. Matsuda, T. Yamamoto, T. Hashimoto and N. Rajendran.** 2001. Spatial and temporal variations of sediment quality in and around fish cage farms: a case study of aquaculture in the Seto Inland Sea, Japan. *Fisheries Science*, 67: 619-627.
- Pearson, T.H. and K.D. Black.** 2001. The environmental impacts of marine fish cage culture. In: Environmental impacts of aquaculture (ed. K. D. Black). Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, pp. 1-31.
- Pearson, T.H. and R. Rosenberg.** 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 16: 229-311.
- Putro, S.P. dan Suhartana,** 2008. Rehabilitasi dan Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Alam Kawasan Rawapening Dengan Menerapkan Manajemen Lingkungan dan Ecological Engineering Dalam Upaya Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat. Laporan KKN PPM –DP2M DIKTI, Lemlit Undip. Semarang.
- Putro, S.P., I. Svane, and J. Tanner.** 2006. Effects of fallowing on macrobenthic assemblages in sediments adjacent to southern bluefin tuna cages. In : Final report of Aquafin CRC-Southern bluefin tuna aquaculture: evaluation of waste composition and waste mitigation. FRDC Project No. 2001/103/2006. SARDI Aquatic Sciences, Adelaide. pp. 243-282.
- Schendel, E.K., S.E. Nordstrom and L.M. Lavkulich.** 2004. Floc and sediment properties and their environmental distribution from a marine fish farm. *Aquaculture Research*, 35: 483-493.
- Snelgrove, P.V.R.** 1999. Getting to the bottom of marine biodiversity: sedimentary habitats. *BioScience*, 49: 129-142.
- Snelgrove, P.V.R. and C.A Butman.** 1994. Animal-sediment relationship revisited: cause versus effect. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 32: 111-177.
- Sudarsono.** 2012. Negara Kelautan, Kontribusi Perikanan Hanya 3,46% dari PDB. Diakses melalui website: <http://economy.okezone.com/read/2012/10/17/320/705199/negara-kelautan-kontribusi-perikanan-hanya-3-46-dari-pdb>.
- Wijayanti, D.P, S.P Putro dan Suhartana.** 2009. Optimalisasi Pemberdayaan Masyarakat Desa Asinan, Kecamatan Bawen, Kabupaten Semarang Melalui Pengembangan Teknik Budidaya Sistem Keramba Apung Dan Peningkatan Mutu Pakan Ikan. Laporan KKN PPM –DP2M DIKTI, Lemlit Undip. Semarang.
- Ye, L.X., D.A. Ritz, G.E. Fenton and M.E. Lewis.** 1991. Tracing the influence on sediments of organic waste from a salmonid farm using stable isotope analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 145: 161-174.
- Yokoyama, H.** 2002. Effects of fish farming on macroinvertebrates: comparison of three localities suffering from hypoxia (UJNR Technical Report No.24). [WWW document]: http://nsgl.gso.uri.edu/source/tamuw95003/ptamuw95003_part_95001.pdf.